

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Laboratorio de Biomecánica

Práctica #4. Refuerza del cable de un teleférico.

Maestro: Isaac Estrada

Matrícula	Nombre	Carrera
1908186	Armando Rincón Reyes	IMTC
1991920	Idalia Rivera Del Angel	IMTC
1910192	Alan Magdiel Villa Herrera	IMTC
1910912	Mónica Rangel Guerra	IMTC
1900416	Diego Alexis Limón Báez	IMTC
1927564	Marcos Fernando Romero Carrillo	ITMC

Hora: N3

Grupo: 202

Semestre: 7mo

Fecha: 11 de noviembre del 2022

Semestre Agosto-Diciembre 2022

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza.

1. Nombre y definición de la forma GEOMETRÍA

La geometría que se analizara es se le aplicaran múltiples cargas para que de esta manera se pueda ver como las vigas y cables que sostienen al sistema teleférico actúan de tal manera que se pueda usar el método de optimización de la geometría y se pueda entonces emplear el método de optimización de geometría.

Los bloques de anclaje son unas estructuras las cuales soportan varias de las vías del teleférico y que para el análisis de esta práctica serán fundamentales para poder entender entonces como esta estructura forma parte fundamental del análisis. También se tiene a las barras de anclaje: son del tipo pilotes y su capacidad esta definida por la fricción a lo largo del hormigón en forma de anclaje.

Este tipo de geometría es medianamente sencilla y es por esto que se pueden hacer muchas optimizaciones de las estructuras para que estén resulten en una menor cantidad de material y que además se puedan ahorrar entonces material que no es necesario pero que aun así sigue cumpliendo las especificaciones en cuanto a las cargas que debe soportar la estructura las cuales son puestas de forma de input en el código de 99 líneas. Es cuando se analiza entonces las características de esta geometría y como diseñar la estructura del teleférico de tal forma que resulte en una estructura que pueda ser puesta en cualquier ciudad del mundo haciendo uso de algoritmos matemáticos.

2. Estado del arte

Un teleférico es un sistema de cabinas suspendidas de un cable fijo, las que se transportan por otro cable móvil, generalmente unido a manera de circuito.

El cable es el encargado de soportar y/o transportar los vehículos. Además, está dimensionado para cada instalación, para que soporte el peso de las cabinas con carga máxima. El cable está formado por un conjunto de hilos de acero de este o diferente tamaño trenzados de tal forma que generan otros cables que a su vez se trenzan alrededor del alma formando el cable del teleférico.

El centro del cable se le denomina alma y está formado normalmente por un plástico flexible que se adapta a los hilos del cable. Por otra parte, el cable de un teleférico es continuo, teniendo las dos puntas unidas en el empalme del cable. Este empalme se crea en diferentes nudos. Los empalmes de los cables pueden llegar a medir varias decenas de metros. Los cables tienden a alargarse, sobre todo cuando son nuevos, cada instalación tiene un margen de alargado que al estar próximo o en el límite de estirado del cable se tiene que acortar el cable.



Figura 1. Cable de un teleférico

3. Propuesta de diseño de la geometría, alcances y limitaciones

El teleférico de la figura 4.1 necesita un refuerzo en su apoyo. Sugiera un refuerzo según la información dada en la figura 4.2.



Figura 4.1: Teleférico

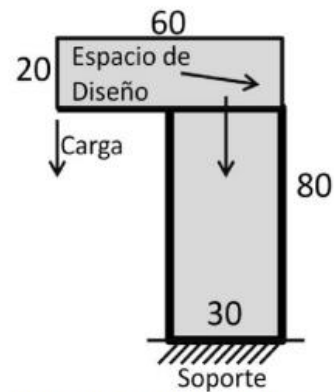
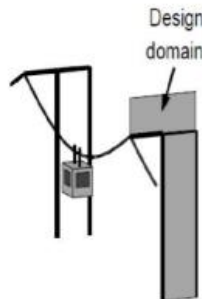
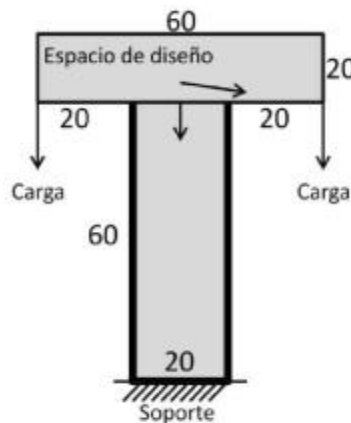


Figura 4.2: Espacio de diseño

Es necesario llevar dos teleféricos a la vez por lo que la figura 4.3 nos muestra la propuesta para ello, en este caso se consideran múltiples cargas.





UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

El resultado de la presente optimización no contara con otro tipo de condiciones, como lo puede ser el viento. Además, el espacio de diseño a analizar está dado en dos dimensiones por lo que solo se tomara en cuenta esto, lo cual es una limitante en la vida real porque como mencionamos no se tiene volumen en esta optimización.

4. Pasos del desarrollo de la programación

Código con una carga.

```
toppract4.m x +
1      %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2      function toppract4(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
3      % INITIALIZE
4      x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5      for ely = 1:nely
6      for elx = 1:nelx
7      if ely>21
8      if elx<31
9      passive(ely,elx) = 1;
10     else
11     passive(ely,elx) = 0;
12     end
13     end
14     end
15     end
16     x(find(passive))=0.001;
17     loop = 0; change = 1.;
```



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

```
18      % START ITERATION
19 -   while change > 0.01
20 -       loop = loop + 1;
21 -       xold = x;
22      % FE-ANALYSIS
23 -   [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
24      % OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
25 -   [KE] = lk;
26 -   c = 0.;
27 -   for ely = 1:nely
```

```
toppract4.m x +
28 - for elx = 1:nelx
29 -     n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
30 -     n2 = (nely+1)* elx +ely;
31 -     dc(ely,elx)=0.;
32 -     for i=1:2
33 -         Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],i);
34 -         c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
35 -         dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
36 -     end
37 - end
38 - end
39 - % FILTERING OF SENSITIVITIES
40 - [dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
41 - % DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
42 - [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
43 - % PRINT RESULTS
44 - change = max(max(abs(x-xold)));
45 - disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
46 - 'Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
47 - ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])

48 - % PLOT DENSITIES
49 - colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e-6);
50 - end
51 - %%%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%%%
52 - function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
53 -     l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
54 -     while (l2-l1 > 1e-4)
```



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

```
Editor - D:\Escritorio\toppract4.m
toppract4.m x +
55 - lmid = 0.5*(l2+l1);
56 - xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid)))));
57 - xnew(find(passive))=0.001;
58 - if sum(sum(xnew)) - volfrac*nex*nely > 0;
59 - l1 = lmid;
60 - else
61 - l2 = lmid;
62 - end
63 - end
64 - %%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%
65 - function [dcn]=check(nex,nely,rmin,x,dc)
66 - dcn=zeros(nely,nex);
67 - for i = 1:nex
68 - for j = 1:nely
69 - sum=0.0;
70 - for k = max(i-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nex)
71 - for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(rmin), nely)
72 - fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
73 - sum = sum+max(0,fac);
74 - dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
75 - end
76 - end
77 - dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
78 - end
79 - end
80 - %%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%
81 - function [U]=FE(nex,nely,x,penal)
```



```

Editor - D:\Escritorio\toppract4.m
toppract4.m x +
82 - [KE] = lk;
83 - K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
84 - F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
85 - for ely = 1:nely
86 - for elx = 1:nelx
87 - n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
88 - n2 = (nely+1)* elx +ely;
89 - edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
90 - K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
91 - end
92 - end
93 - % DEFINE LOADSAND SUPPORTS(HALF MBB-BEAM)
94 - F(40,1) = -1;
95 - fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
96 - alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
97 - freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
98 - % SOLVING
99 - U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
100 - U(fixeddofs,:)= 0;
101 - %%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%
102 - function [KE]=lk
103 - E = 1.;
104 - nu = 0.3;
105 - k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
106 - -1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
107 - KE = E/(1-nu^2)* [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
108 - k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
109 - k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
110 - k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
111 - k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
112 - k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
113 - k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
114 - k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1) ];
```




UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Código para optimización con varias cargas:

```
Editor - D:\Escritorio\toppract4p2.m
toppract4p2.m x +
1  %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2  function toppract4p2(nelx,nely,volfrac,penal,rmin);
3  % INITIALIZE
4  x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5  for ely = 1:nely
6  for elx = 1:nelx
7  if ely>21
8  if elx<21
9  passive(ely,elx) = 1;
10 elseif elx>41
11 passive(ely,elx)=1;
12 else
13 passive(ely,elx) = 0;
14 end
15 end
16 end
17 end
18 x(find(passive))=0.001;
19 loop = 0; change = 1.;
20 % START ITERATION
21 while change > 0.01
22 loop = loop + 1;
23 xold = x;
24 % FE-ANALYSIS
25 [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
26 % OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
27 [KE] = lk;
28 c = 0.;
```



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

```
Editor - D:\Escritorio\toppract4p2.m
toppract4p2.m x +
29 - for ely = 1:nely
30 - for elx = 1:nelx
31 -     n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
32 -     n2 = (nely+1)* elx +ely;
33 -     dc(ely,elx)=0.;
34 - for i=1:2
35 -     Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],i);
36 -     c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
37 -     dc(ely,elx) = dc(ely,elx)-penal*x(ely,elx)^(penal-1)* Ue'*KE*Ue;
38 - end
39 - end
40 - end
41 % FILTERING OF SENSITIVITIES
42 [dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
43 % DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
44 [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
45 % PRINT RESULTS
46 change = max(max(abs(x-xold)));
47 disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
48 'Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
49 ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
50 % PLOT DENSITIES
51 colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e-6);
52 end
53 %%%%%%%%%% OPTIMALITY CRITERIA UPDATE %%%%%%%%%%
54 function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
55     l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
56 while (l2-l1 > 1e-4)
```



```
Editor - D:\Escritorio\toppract4p2.m
toppract4p2.m x +
57 - lmid = 0.5*(l2+l1);
58 - xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid)))));
59 - xnew(find(passive))=0.001;
60 - if sum(sum(xnew)) - volfrac*nex*nely > 0;
61 - l1 = lmid;
62 - else
63 - l2 = lmid;
64 - end
65 - end
66 - %%%%%%%%% MESH-INDEPENDENCY FILTER %%%%%%%%%
67 - function [dcn]=check(nex,nely,rmin,x,dc)
68 - dcn=zeros(nely,nex);
69 - for i = 1:nex
70 - for j = 1:nely
71 - sum=0.0;
72 - for k = max(i-round(rmin),1): min(i+round(rmin),nex)
73 - for l = max(j-round(rmin),1): min(j+round(rmin), nely)
74 - fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
75 - sum = sum+max(0,fac);
76 - dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
77 - end
78 - end
79 - dcn(j,i) = dcn(j,i)/(x(j,i)*sum);
80 - end
81 - end
82 - %%%%%%%%% FE-ANALYSIS %%%%%%%%%
83 - function [U]=FE(nex,nely,x,penal)
84 - [KE] = lk;
```



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

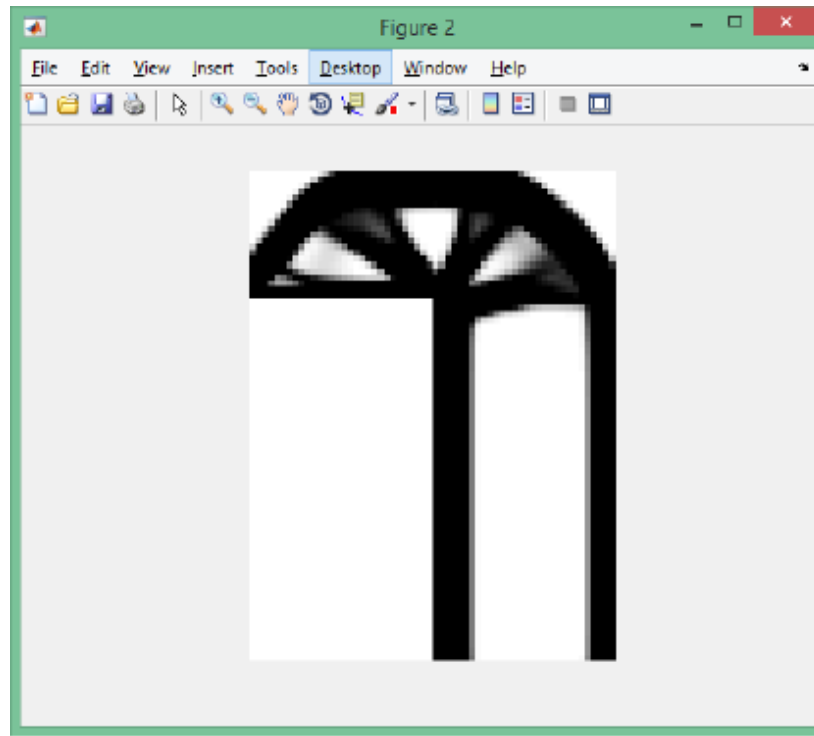
```

Editor - D:\Escritorio\toppract4p2.m
toppract4p2.m
85 - K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
86 - F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2); U = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),2);
87 - for ely = 1:nely
88 - for elx = 1:nelx
89 - n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
90 - n2 = (nely+1)* elx +ely;
91 - edof = [2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2;2*n1+1; 2*n1+2];
92 - K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
93 - end
94 - end
95 - % DEFINE LOADSAND SUPPORTS (HALF MBB-BEAM)
96 - F(40,1) = -1.; F(9760,2)=1.;
97 - fixeddofs = 2*(nely+1):2*(nely+1):2*(nelx+1)*(nely+1);
98 - alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
99 - freedofs = setdiff(alldofs,fixeddofs);
100 - % SOLVING
101 - U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
102 - U(fixeddofs,:)= 0;
103 - %%%%%%%%%% ELEMENT STIFFNESS MATRIX %%%%%%%%%%
104 - function [KE]=lk
105 - E = 1.;
106 - nu = 0.3;
107 - k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
108 - -1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
109 - KE = E/(1-nu^2)* [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
110 - k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
111 - k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
112 - k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
113 - k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
114 - k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
115 - k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
116 - k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

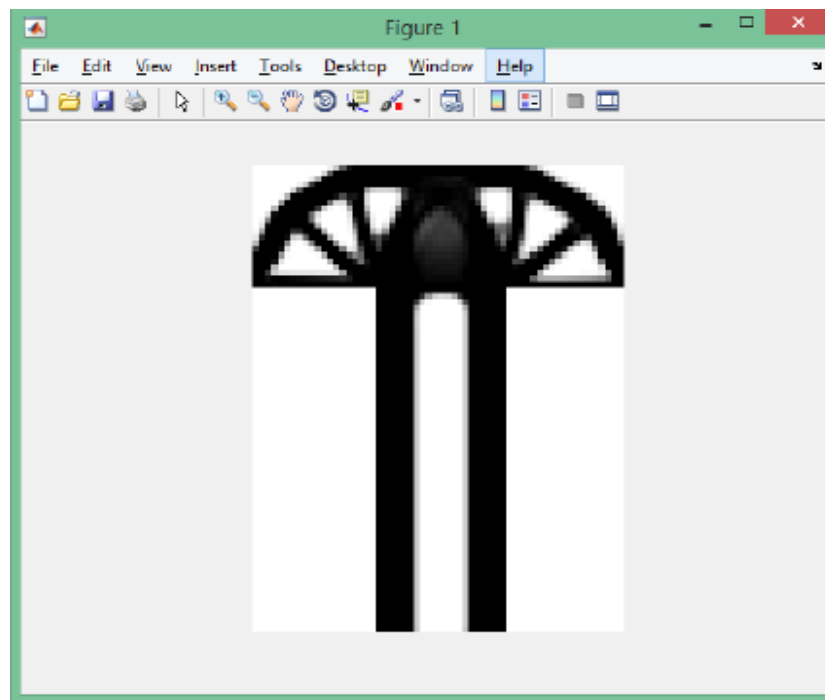
```

5. Resultados de la optimización

Código con una carga:



Optimización con muchas cargas:



6. Conclusiones por cada autor

Alan Magdiel Villa Herrera

Para la presente practica se analizo un teleférico, concretamente su cable; se consigo una simulación del cable con cargas incluidas en este componente. En este tipo de optimizaciones se debe tomar en cuenta y ser preciso con las cargas que se aplicarán, así como su ubicación, esto para lograr una pieza con distribución de esfuerzos precisos. Es importante este tipo de codificaciones ya que garantizan una gran seguridad y un buen funcionamiento, creando innovación y un mayor confort en la fabricación de cables.

Mónica Rangel Guerra

En esta práctica hicimos el modelado de un cable de teleférico para dos casos y como en las practicas anteriores tuvimos que usar el código de 99 líneas de Matlab pero haciéndole ajustes para obtener la simulación deseada al momento de darle correr, en ambos casos salió bien la simulación.

Marcos Fernando Romero Carrillo

Gracias a este reporte pude comprender el diseño de una optimización con una carga y muchas cargas, continuando con el código de 99 líneas pude observar la diferencia entre ambos diseños y bien poder tomar decisiones a futuro para cuando se presente un problema parecido.

Diego Alexis Limón Báez

En esta practica se pudo observar la importancia del método de optimización de la geometría y como con un código hecho en MATLAB se pueden obtener resultados medianamente certeros del como se puede construir mejor la estructura de un teleférico todo esto poniendo como entrada esfuerzos en ciertos puntos de la matriz de la que se desea analizar. Es una parte muy importante entonces tanto para varias áreas de la ingeniería el analizar este tipo de estructuras las cuales son usadas comúnmente en varios países y que las constructoras estén interesados en como mejorar sus diseños no sin necesidad de acudir a complejos análisis en software de programación asistido por computadora.

Idalia Rivera Del Ángel

En esta práctica se realizo una modificación al código de matlab, para el modelado de un teleférico, se hicieran mejoras para que la estructura pueda llevar dos teleféricos a la vez, en este caso implica considerar múltiples cargas.

Armando Rincón Reyes

La investigación respecto al tema de esta práctica, que son los teleféricos, me hizo percatar de la ciencia o inteligencia que hay en la creación de teleféricos y como el cable utilizado ocupa ser puesto de una manera en específico para que este pueda soportar todo el peso que llega a generar una cabina de un teleférico, sin contar la gente que se sube en este. Además, el análisis de las cargas juega un papel muy importante para hacer un análisis correcto de las medidas, ya sea del cable como del soporte.

7. Referencias bibliográficas

- M, J. (21 de febrero de 2022). *Partes De Un Teleférico*. TPC: Funiculares y teleféricos. <https://transporteporcable.com/partes-de-un-teleferico/#:~:text=El%20cable%20está%20dimensionado%20para,formando%20el%20cable%20del%20teleférico.>
- González, J. R. Q. (2018). Transporte público mediante cables, desde lo ambiental, lo social y lo económico. *Revista Jurídica Piélagus*, 17(1), 71.